

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-082541

(43)Date of publication of application : 26.03.1996

(51)Int.Cl.

G01F 1/84

(21)Application number : 06-216989

(71)Applicant : YOKOGAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 12.09.1994

(72)Inventor : OSAWA NORIKAZU  
OWADA HIROSHI

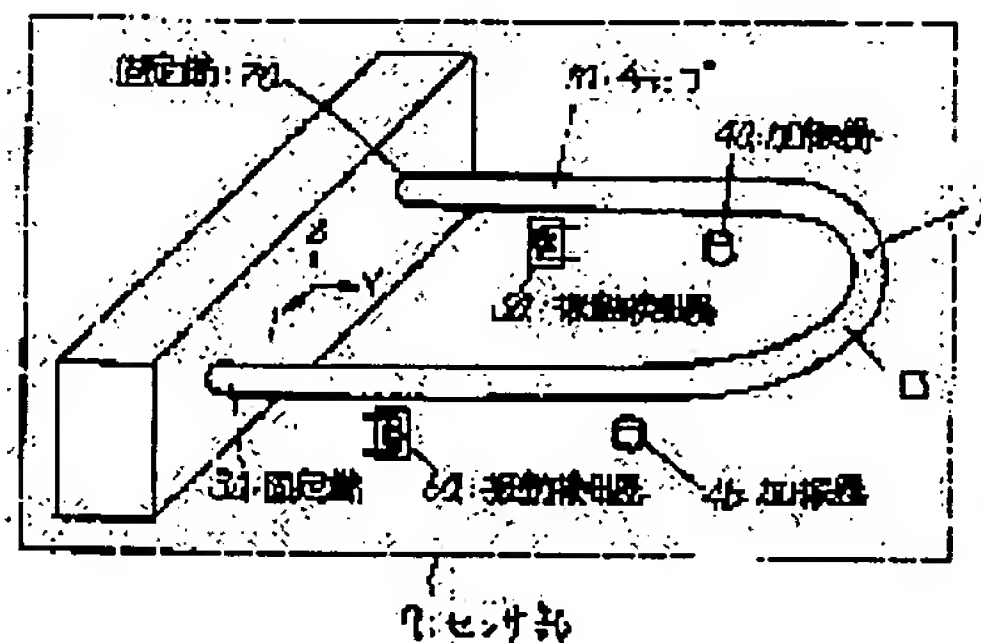
## (54) CORIOLIS MASS FLOWMETER

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To decrease the fluctuation of a span by measuring the phase change generated by the cause of Coriolis force.

**CONSTITUTION:** This is a Coriolis mass flowmeter, which vibrates a pipe wherein fluid to be measured flows, detects the Coriolis force generated at this time and measures the mass flow rate of the fluid to be measured. Two shakers 4a and 4b shake the pipe 1a, respectively, so that the vibrating directions become symmetrical at the upstream part and the downstream part with respect to the central part of the pipe 1a. Two vibration detectors 5a and 6a detect the vibration of the pipe 1a in the vicinities (a) and (b) of the central part of the pipe 1a or in the vicinities of fixed ends 2a and 3a,

output the result and move the phase of one output of the outputs by 180° and output the result. A signal processing circuit supplies the driving signals to two shakers 4a and 4b based on the outputs from two vibration detectors 5a and 6a and obtains the mass flow rate at the same time.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

**BEST AVAILABLE COPY**

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-82541

(43)公開日 平成8年(1996)3月26日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 F 1/84

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平6-216989

(22)出願日 平成6年(1994)9月12日

(71)出願人 000006507

横河電機株式会社

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号

(72)発明者 大沢 紀和

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河  
電機株式会社内

(72)発明者 大和田 博

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河  
電機株式会社内

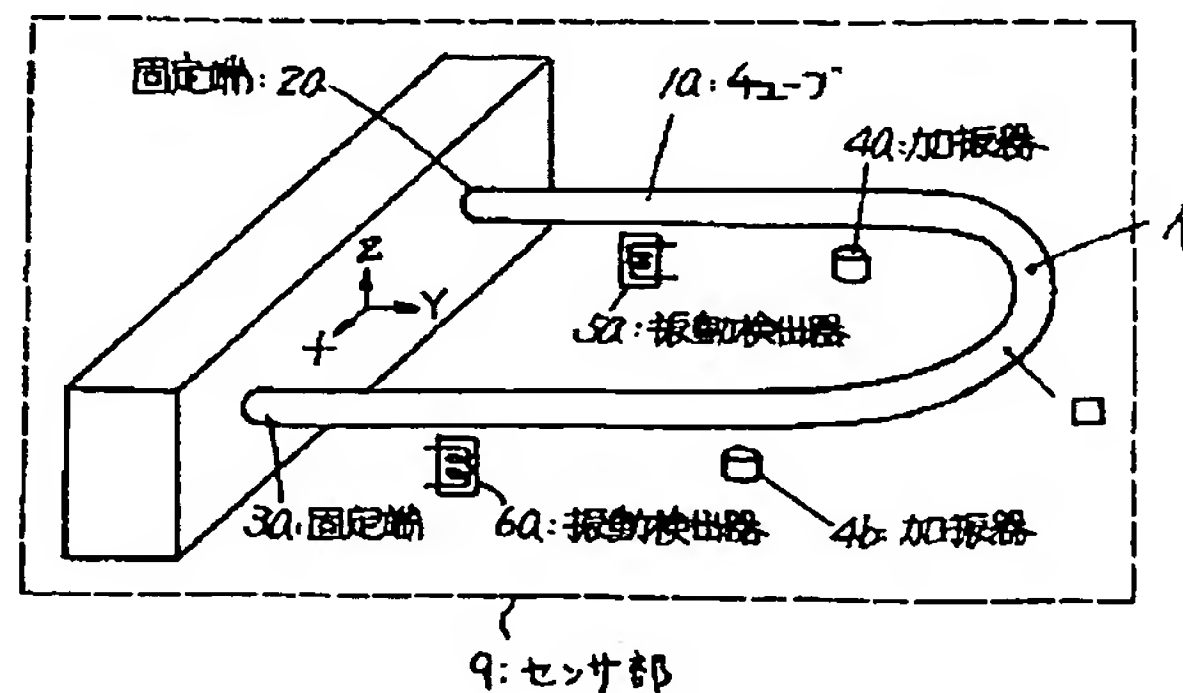
(74)代理人 弁理士 渡辺 正康 (外1名)

(54)【発明の名称】 コリオリ質量流量計

(57)【要約】

【目的】 コリオリ力に起因して発生する位相変化を高  
精度で測定し、スパン変動を低減することが可能なコリ  
オリ質量流量計を実現する。

【構成】 被測定流体が流れる管を振動させ、この際に  
生じるコリオリ力を検出して被測定流体の質量流量を測  
定するコリオリ質量流量計において、管の中心部に対し  
て上流部と下流部とで振動方向が対称になるように管を  
それぞれ加振する2つの加振器と、管の中心部近傍若し  
くは固定端近傍で管の振動をそれぞれ検出して出力する  
と共に、この出力の内一方の出力を180°移相して出  
力する2つの振動検出器と、この2つの振動検出器から  
の出力に基づいて2つの加振器に駆動信号を供給すると  
共に、質量流量を求める信号処理回路とを設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】被測定流体が流れる管を振動させ、この際に生じるコリオリ力を検出して前記被測定流体の質量流量を測定するコリオリ質量流量計において、前記管の中心部に対して上流部と下流部とで振動方向が対称になるように前記管をそれぞれ加振する 2 つの加振器と、前記管の中心部近傍若しくは固定端近傍で前記管の振動をそれぞれ検出して出力すると共に、この出力の内一方の出力を  $180^\circ$  移相して出力する 2 つの振動検出器と、

この 2 つの振動検出器からの出力に基づいて前記 2 つの加振器に駆動信号を供給すると共に、前記質量流量を求める信号処理回路とを備えたことを特徴とするコリオリ質量流量計。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、コリオリ質量流量計に関し、特にコリオリ力の検出方法を改良したコリオリ質量流量計に関する。

## 【0002】

【従来の技術】コリオリ質量流量計とは、被測定流体が流れる管を振動させ、この際に生じるコリオリ力を検出して被測定流体の質量流量を測定する装置である。

【0003】図 8 はこのような従来のコリオリ質量流量計の一例を示す構成図である。図 8 において 1 はチューブ、2 及び 3 はチューブ 1 の固定端、4 は加振器、5 及び 6 は振動検出器である。

【0004】チューブ 1 は固定端 2 及び 3 の部分で固定され、チューブ 1 の中心部には加振器 4 が設けられる。また、加振器 4 と固定端 2 との間及び加振器 4 と固定端 3 との間にはそれぞれ振動検出器 5 及び 6 が設けられる。

【0005】ここで、図 8 に示す従来例の動作を図 9 を用いて説明する。図 9 はチューブ 1 の振動モードを説明する平面図であり、図 9 中 2 及び 3 は図 8 と同一符号である。

【0006】チューブ 1 の内部に図 8 中“イ”の方向から被測定流体を流し、加振器 4 により図 9 中“ロ”の方向に振動を印加した場合、図 9 に示すようにチューブ 1 は“M1”～“M2”のように振動する。これは、チューブ 1 の中心部が振動の腹となる 1 次モード形状で振動することを意味する。

【0007】このような振動はチューブ 1 の上流側及び下流側について考えると固定端 2 及び 3 を中心とする回転運動と見做すことができるので、この回転運動の角速度を“ $\omega$ ”、被測定流体の質量流量を“ $Q$ ”した場合、“ $\omega$ ”と“ $Q$ ”との積に比例したコリオリ力がチューブ 1 の各微小区間に生じる。

【0008】このコリオリ力によってチューブ 1 は図 9

中“M3”～“M4”に示すような振動をする。この振動はチューブ 1 の中心部に対して上流部と下流部とで振動方向が対象になっている。

【0009】従って、実際には上述の 2 種類の振動が重畳された状態でチューブ 1 が振動することになる。振動検出器 5 及び 6 ではこのような振動を検出し、信号処理を行うことにより質量流量“ $Q$ ”を得ている。

【0010】コリオリ力によるチューブ 1 の変形に基づき質量流量を求める信号処理方法としては、例えば、同期整流及び積分による処理、振動検出器 5 及び 6 の出力の位相差を用いる処理等がある。

## 【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、被測定流体の平均流速が  $1\text{ m/sec}$  の場合でもコリオリ力によって生じる振動振幅、即ち図 9 中の“M3”～“M4”の振動は、チューブ 1 に印加される振動振幅、即ち図 9 中の“M1”～“M2”と比較して、数 100 分の 1 程度であり、発生する位相差も  $0.1^\circ$  程度と小さい。

【0012】また、図 1 に示すような加振方法とは別に図 9 中“M3”～“M4”のように加振して図 9 中“M1”～“M2”のようなコリオリ力による振動を得ることも可能である。

【0013】このような加振方法ではコリオリ力が無い場合でも、発生する振動がチューブ 1 の中心部に対して上流部と下流部とで振動方向が対象になっているため、振動検出器 5 及び 6 の出力の位相差は“ $180^\circ$ ”となる。さらに、この位相差にコリオリ力に起因して発生する位相変化“ $\delta^\circ$ ”が混入して“ $180 + \delta^\circ$ ”となる。

【0014】質量流量を得るために位相変化“ $\delta^\circ$ ”を検出する際には前述のように“ $180^\circ$ ”分がオフセット成分として存在するため、オフセット成分と比較して小さい位相変化“ $\delta^\circ$ ”を精度良く検出するのは難しいと言った問題点がある。

【0015】さらに、従来例のような加振器 4 等の付加構造物を有する振動体では、チューブ 1 内の被測定流体の流体密度変化によって各振動モードの共振周波数の比が変化してしまいスパンが変動してしまうと言った問題点も存在する。従って本発明の目的は、コリオリ力に起因して発生する位相変化を高精度で測定し、スパン変動を低減することが可能なコリオリ質量流量計を実現することにある。

## 【0016】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明では、被測定流体が流れる管を振動させ、この際に生じるコリオリ力を検出して前記被測定流体の質量流量を測定するコリオリ質量流量計において、前記管の中心部に対して上流部と下流部とで振動方向が対称になるように前記管をそれぞれ加振する 2 つの加振器と、前記管の中心部近傍若しくは固定端近傍で前記管

の振動をそれぞれ検出して出力すると共に、この出力の内一方の出力を  $180^\circ$  移相して出力する 2 つの振動検出器と、この 2 つの振動検出器からの出力に基づいて前記 2 つの加振器に駆動信号を供給すると共に、前記質量流量を求める信号処理回路とを備えたことを特徴とするものである。

【0017】

【作用】一対の振動検出器をチューブの中心部若しくは固定端の近傍に設け、導線の巻方向を逆方向にすることで安価なり、コリオリ力に起因して発生する位相変化を高精度で測定することが可能になる。また、固定端の近傍で振幅を検出することによりスパン変動を低減することが可能になる。

【0018】

【実施例】以下本発明を図面を用いて詳細に説明する。図 1 は本発明に係るコリオリ質量流量計のセンサ部の一実施例を示す斜視図である。図 1 において 1 a は U 字管のチューブ、2 a 及び 3 a はチューブ 1 a の固定端、4 a 及び 4 b は加振器、5 a 及び 6 a は振動検出器である。また、1 a、2 a、3 a、4 a、4 b、5 a 及び 6 a はセンサ部 9 を構成している。

【0019】チューブ 1 a は固定端 2 a 及び 3 a の部分で固定され、チューブ 1 a の中心部と固定端 2 a の間には加振器 4 a が設けられ、チューブ 1 a の中心部と固定端 3 a の間には加振器 4 b が設けられる。また、加振器 4 a と固定端 2 a との間及び加振器 4 b と固定端 3 a との間であって固定端 2 a 及び 3 a の近傍にはそれぞれ振動検出器 5 a 及び 6 a が設けられる。

【0020】また、図 2 は振動検出器 5 a 及び 6 a の詳細を示す構成図であり、1 a、5 a 及び 6 a は図 1 と同一符号を付してある。図 2 において 7 a 及び 7 b は永久磁石、8 a 及び 8 b はコイルである。

【0021】永久磁石 7 a 及び 7 b は N 極及び S 極が同一方向でチューブ 1 a に設けられており、コイル 8 a 及び 8 b の導線の巻方向に関しては互いに逆方向になっている。

【0022】チューブ 1 a が振動し、それに伴って永久

$$Z1 = A \cdot \sin \theta + C \cdot \cos \theta \quad (1)$$

$$Z2 = -A \cdot \sin \theta + C \cdot \cos \theta \quad (2)$$

となる。但し、“A” は加振器 4 a 及び 4 b により生じる励振振幅成分であり、“C” はコリオリ力によって生じるコリオリ振幅成分である。

【0031】励振振幅成分はチューブ 1 a の中心部に対して上流部と下流部とで振動方向が対称になるため、式 (1) と式 (2) では異なる符号となり、一方、コリオリ振幅成分はチューブ 1 a の中心部を振動の腹とする形

$$S1 = a \cdot \sin \theta + c \cdot \cos \theta \quad (3)$$

$$S2 = a \cdot \sin \theta - c \cdot \cos \theta \quad (4)$$

となる。即ち、振動検出器 6 a の出力信号は  $180^\circ$  だけ移相されて出力されることになる。

磁石 7 a 及び 7 b が振動するとコイル 8 a 及び 8 b に電流が発生する。この発生した電流を処理することによりチューブ 1 a の振動を検出できる。

【0023】さらに、図 3 は本発明に係るコリオリ質量流量計の一実施例を示す構成ブロック図である。ここで、センサ部 9 は図 1 と同一符号を付してある。図 3 において 10 及び 11 は増幅器、12 は位相差検出回路、13 は加振回路、14 は質量流量演算回路である。また、100 及び 101 はセンサ部 9 を構成する振動検出器 5 a 及び 6 a の出力信号、102 は駆動信号、103 は質量流量信号である。

【0024】振動検出器 5 a 及び 6 a の出力信号 100 及び 101 はそれぞれ増幅器 10 及び 11 に接続され、増幅器 10 及び 11 の出力は位相差検出回路 12 に接続される。

【0025】位相差検出回路 12 の出力は加振回路 13 及び質量流量演算回路 14 に接続される。加振回路 13 の出力信号である駆動信号 102 はセンサ部 9 を構成する加振器 4 a 及び 4 b に供給され、一方、質量流量演算回路 14 は質量流量信号 103 を出力する。

【0026】ここで、図 1 に示す実施例の動作を図 4 及び図 5 を用いて説明する。図 4 はチューブ 1 a の振動モードを説明する斜視図である。

【0027】加振器 4 a 及び 4 b はチューブ 1 a を図 4 (A) 中 “M5” ~ “M7” に示すように振動させる。この振動はチューブ 1 a の中心部に対して上流部と下流部とで振動方向が対称になっている。

【0028】この状態で、チューブ 1 a に被測定流体が流れるとコリオリ力が発生して図 4 (B) 中 “M8” ~ “M10” に示すような、チューブ 1 a の中心部を振動の腹とする形状で振動する。

【0029】実際には上述の 2 種類の振動が重畳された状態でチューブ 1 a が振動することになり、振動検出器 5 a 及び 6 a ではこのような振動を検出する。

【0030】すなわち、振動検出器 5 a 及び 6 a を構成するコイル 8 a 及び 8 b でのチューブ 1 a の振動振幅 “Z1” 及び “Z2” はそれぞれ、

$$(1)$$

$$(2)$$

状で振動するため同一符号となる。

【0032】式 (1) 及び式 (2) に示す振動速度は振動検出器 5 a 及び 6 a を構成するコイル 8 a 及び 8 b で検出されるが、前述のようにコイル 8 a 及び 8 b の導線の巻方向は逆であるので、振動検出器 5 a 及び 6 a の出力信号を “S1” 及び “S2” とすれば、

$$(3)$$

$$(4)$$

【0033】式 (3) 及び式 (4) に示す出力は、図 3 に示すように出力信号 100 及び 101 として位相差検



出回路 1 2 に入力されて位相差が検出される。加振回路 1 3 はこの検出信号に基づき駆動信号 1 0 2 を発生させ、加振器 4 a 及び 4 b を駆動する。

【0034】一方、質量流量演算回路 1 4 は前記位相差に基づき振動周波数、温度、密度及び振幅等の補正をして質量流量信号 1 0 3 を出力する。

【0035】この結果、導線の巻方向を逆方向にすることにより、実質的に  $180^\circ$  移相がなされたことになり、式 (3) 及び式 (4) に示すように出力信号 1 0 0 及び 1 0 1 の励振振幅成分の位相が同一になる。

【0036】従って、従来例で問題であった励振振幅成分に起因する  $180^\circ$  のオフセット分は除去されて、コリオリ力に起因して発生する位相変化を高精度で測定することが可能となる。

【0037】また、導線の巻方向を逆方向にすることにより、回路的やソフトウェア的にオフセット成分を除去する必要がないのでコリオリ質量流量計が安価に実現できる。

【0038】ここで、図 5 は有限要素法 (Finite Element Method: 以下、FEM と呼ぶ。) を用いて解析した、励振振幅、コリオリ力による振幅及び位相差を示す特性曲線図である。図 5 中 “イ” は励振振幅、“ロ” はコリオリ力による振幅、“ハ” は位相差をそれぞれ示しており、横軸はチューブ 1 a の軸方向の距離 (但し、横軸上の数字は FEM 解析のための節点番号である。)、縦軸は振幅量若しくは位相差の相対値である。

【0039】図 5 から分かるようにチューブ 1 a の中心部分の近傍 “ニ” では励振振幅 “イ” がゼロになるのに対してコリオリ力による振幅 “ロ” はゼロにならないので、励振振幅 “イ” とコリオリ力による振幅 “ロ” との比である位相差 “ハ” が大きくなる。ここで、図 5 中 “ニ” は具体的にはチューブ 1 a の全長を “L” とした場合  $0.4L \sim 0.6L$  の位置に相当する。

【0040】この結果、図 1 中 “イ” 及び “ロ” に示すようなチューブ 1 a の中心部の近傍に振動検出器 5 a 及び 6 a を設けることにより、振動検出器 5 a と 6 a との間の位相差を大きくすることができ、コリオリ力に起因して発生する位相変化を高精度で測定することが可能になる。

【0041】また、図 6 は FEM 解析による振動検出器 5 a 及び 6 a の位置とスパン変動の関係を示す特性曲線図である。図 6 において縦軸はスパン変動、横軸は密度であり、図 6 中 “イ” ~ “ホ” は振動検出器 5 a 及び 6 a の位置による特性曲線である。

【0042】図 6 中 “イ” は固定端 2 a 及び 3 a の近傍に振動検出器 5 a 及び 6 a を配置した場合であり、“ホ” は中心部近傍に振動検出器 5 a 及び 6 a を配置した場合である。図 6 中 “ロ” ~ “ニ” に関してはそれぞれ “イ” と “ホ” の中間位置に振動検出器 5 a 及び 6 a を配置した場合を示している。

【0043】前述のように付加構造物を有する振動体では、チューブ 1 a 内の被測定流体の流体密度変化によってスパンが変動してしまうが、図 6 に示すように固定端 2 a 及び 3 a の近傍 (図 5 中に示す “ホ” 及び “ヘ”) で振幅を検出することによりスパン変動を低減することが可能になる。

【0044】ここで、図 5 中 “ホ” 及び “ヘ” は具体的にはチューブ 1 a の全長を “L” とした場合  $0.05L \sim 0.25L$  及び  $0.75L \sim 0.95L$  の位置に相当する。

【0045】特に、図 5 中に示す固定端 2 a 及び 3 a の近傍 “ホ” 及び “ヘ” では励振振幅 “イ” は小さくなるものの位相差 “ハ” は増加傾向にあるため、振動検出器 5 a 及び 6 a を固定端 2 a 及び 3 a の近傍 “ホ” 及び “ヘ” に設けることによってもコリオリ力に起因して発生する位相変化を高精度で測定することが可能になる。

【0046】なお、実施例ではチューブ 1 a として 1 本の U 字管を用いた場合を示したが、振動するチューブの構造はこれに限るわけではない。例えば、従来例のような直管構造等でも良く、また、2 本の平行管等の複数本の管を用いる構造であっても良い。

【0047】例えば、図 7 に示すような形状のものであっても良い。図 7 は本発明に係るコリオリ質量流量計のセンサ部の他の実施例を示す斜視図である。

【0048】図 7 において 1 b はチューブ、2 b 及び 3 b は固定端、4 c 及び 4 d は加振器、5 b 及び 6 b は振動検出器である。但し、接続関係及び動作に関しては図 1 に示す実施例と基本的に同一であるので説明は省略する。

【0049】また、図 3 に示す信号処理では 2 つの振動検出器の位相差から質量流量を求めているが、信号処理方法に関しては同期整流と積分により励振振幅成分とコリオリ振幅成分とを分離してその比から質量流量を求める等、一般にコリオリ質量流量計で用いられる信号処理方法ならば何でも良い。

【0050】また、図 2 に示した振動検出器 5 a 及び 6 a の構造では、永久磁石 7 a 及び 7 b の N 極及び S 極を同一方向とし、コイル 8 a 及び 8 b の導線の巻方向を互いに逆方向にしたが、コイル 8 a 及び 8 b の導線の巻方向を同一方向とし、永久磁石 7 a 及び 7 b の N 極及び S 極を互いに逆方向としても良い。

【0051】

【発明の効果】以上説明したことから明らかなように、本発明によれば次のような効果がある。一対の振動検出器をチューブの中心部若しくは固定端の近傍に設け、導線の巻方向を互いに逆方向にすることにより、安価で、コリオリ力に起因して発生する位相変化を高精度で測定することが可能なコリオリ質量流量計が実現できる。

【0052】また、固定端の近傍で振幅を検出することにより、スパン変動を低減することが可能なコリオリ質

量流量計が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係るコリオリ質量流量計のセンサ部の一実施例を示す斜視図である。

【図 2】振動検出器の詳細を示す構成図である。

【図 3】本発明に係るコリオリ質量流量計の一実施例を示す構成ブロック図である。

【図 4】チューブの振動モードを説明する斜視図である。

【図 5】有限要素法を用いて解析した特性曲線図である。

【図 6】有限要素法解析による振動検出器の位置とスパン変動の関係を示す特性曲線図である。

【図 7】本発明に係るコリオリ質量流量計のセンサ部の他の実施例を示す斜視図である。

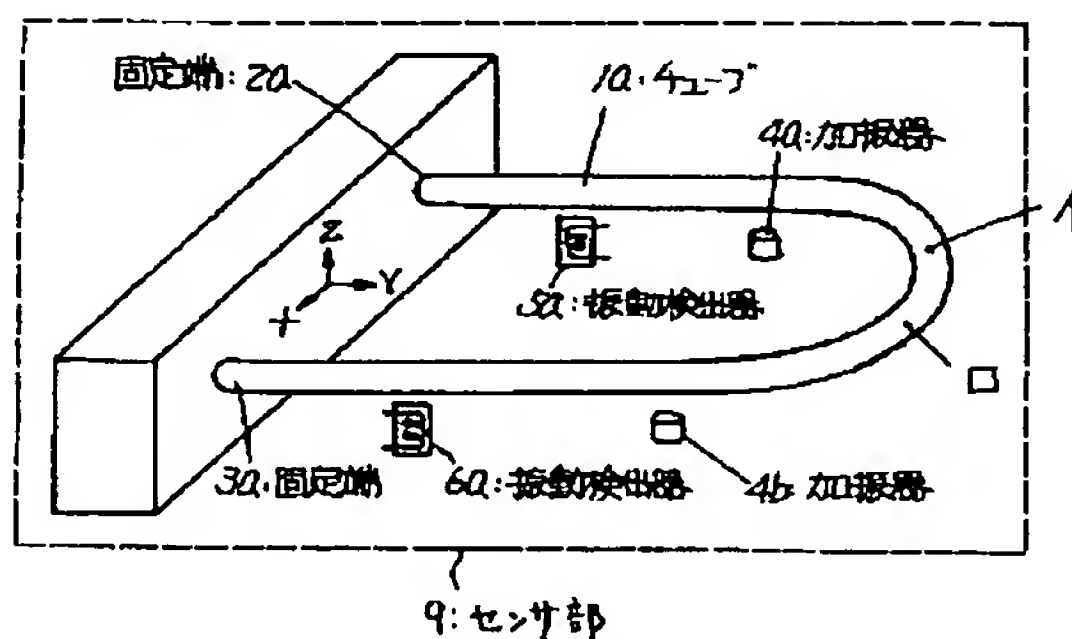
【図 8】従来のコリオリ質量流量計の一例を示す構成図である。

【図 9】チューブの振動モードを説明する平面図である。

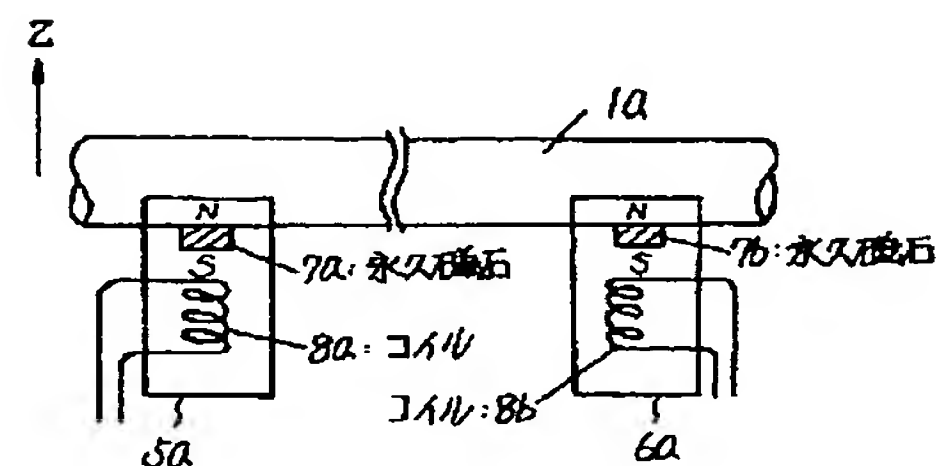
【符号の説明】

- 1, 1a, 1b チューブ
- 2, 2a, 2b, 3, 3a, 3b 固定端
- 4, 4a, 4b, 4c, 4d 加振器
- 5, 5a, 5b, 6, 6a, 6b 振動検出器
- 7a, 7b 永久磁石
- 8a, 8b コイル
- 9 センサ部
- 10, 11 増幅器
- 12 位相差検出回路
- 13 加振回路
- 14 質量流量演算回路
- 100, 101 出力信号
- 102 駆動信号
- 103 質量流量信号

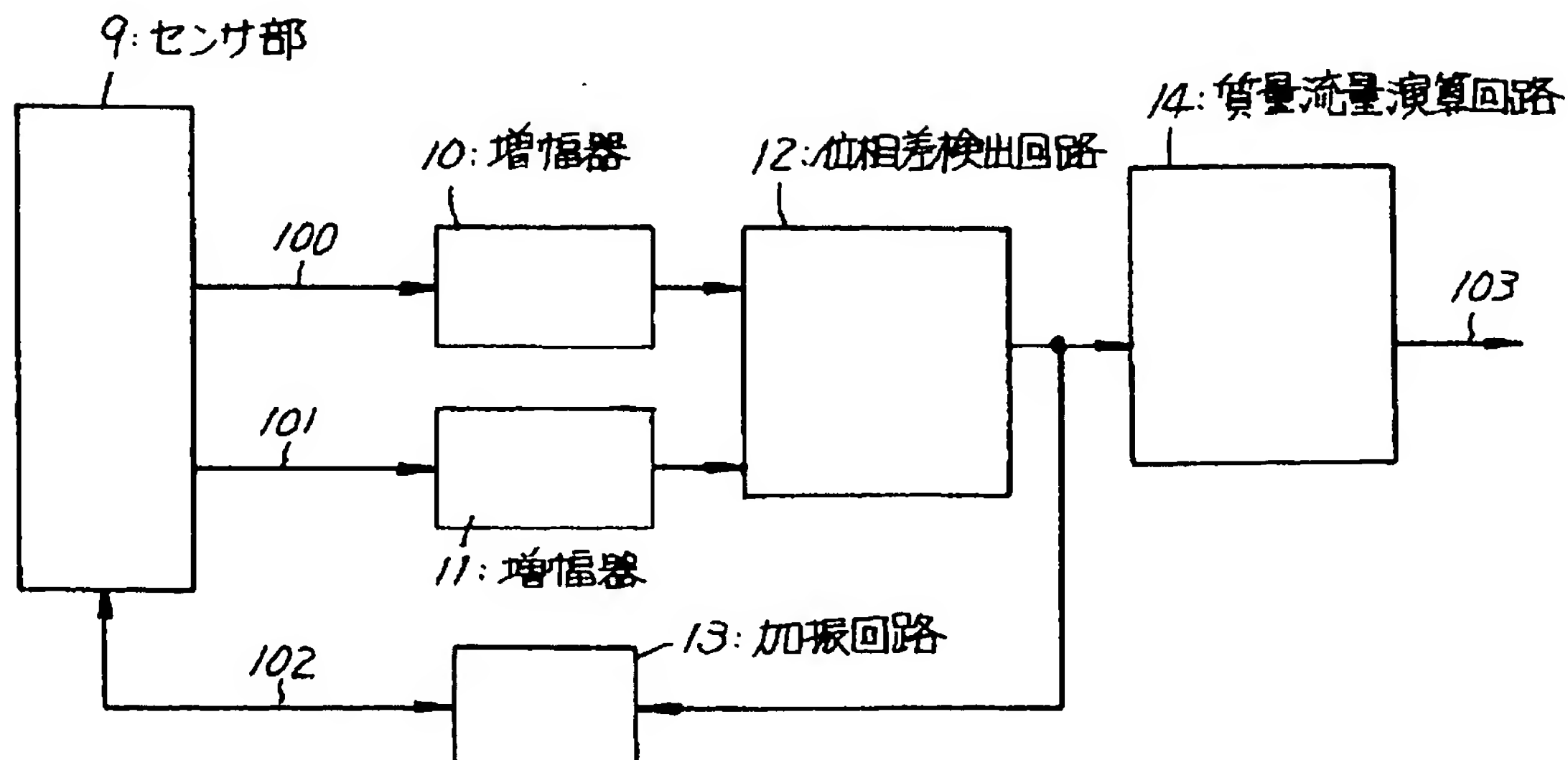
【図 1】



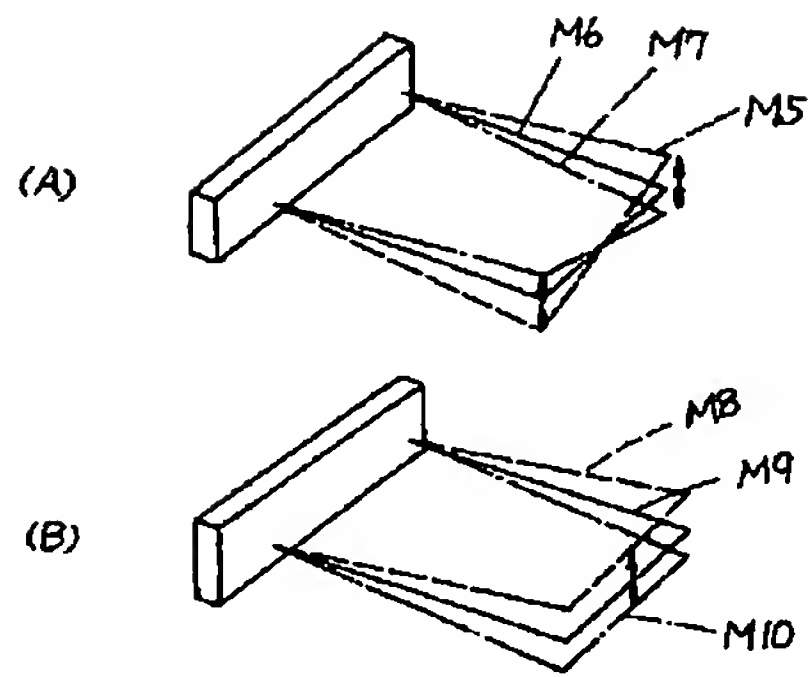
【図 2】



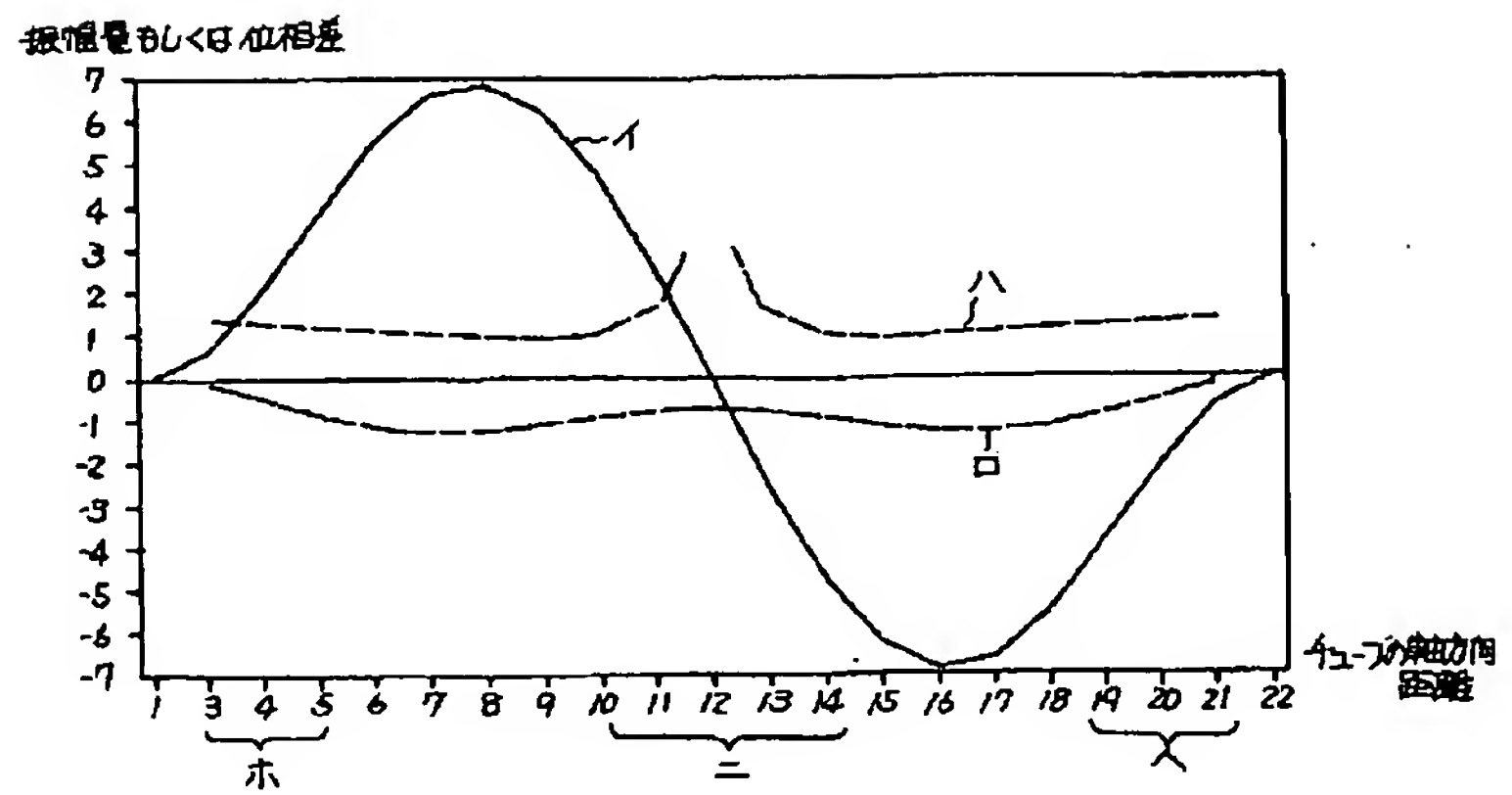
【図 3】



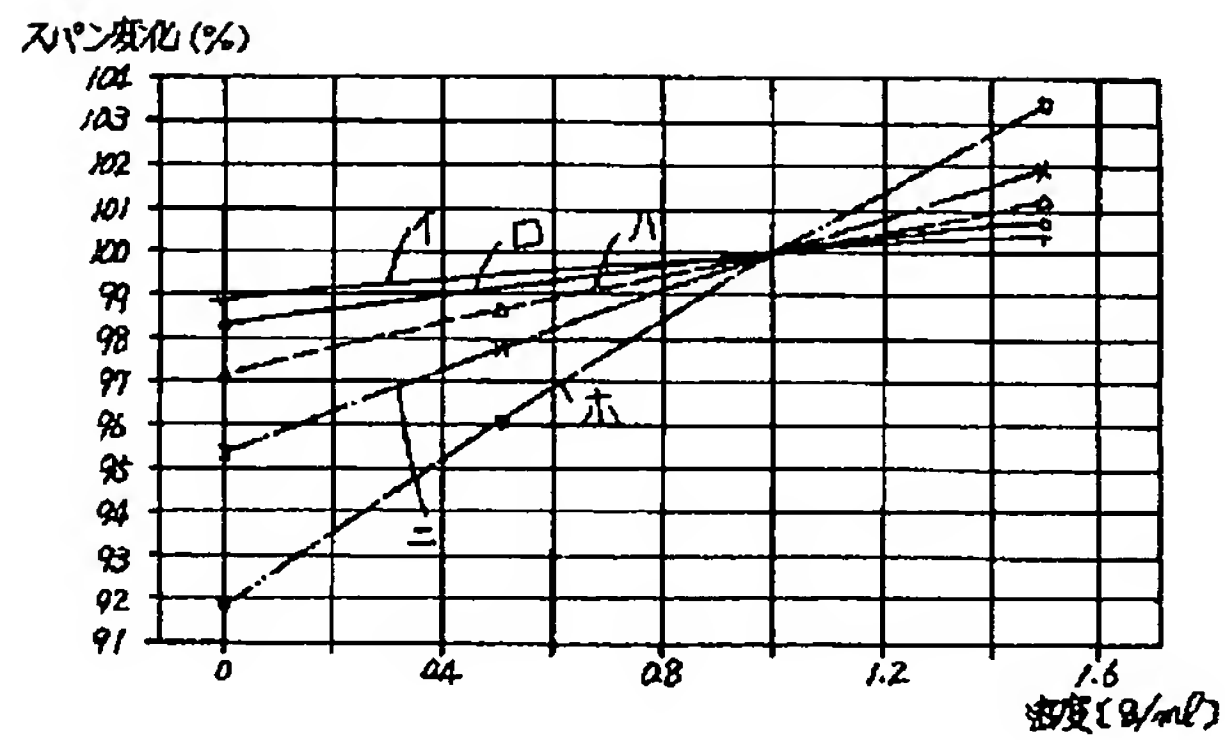
【図 4】



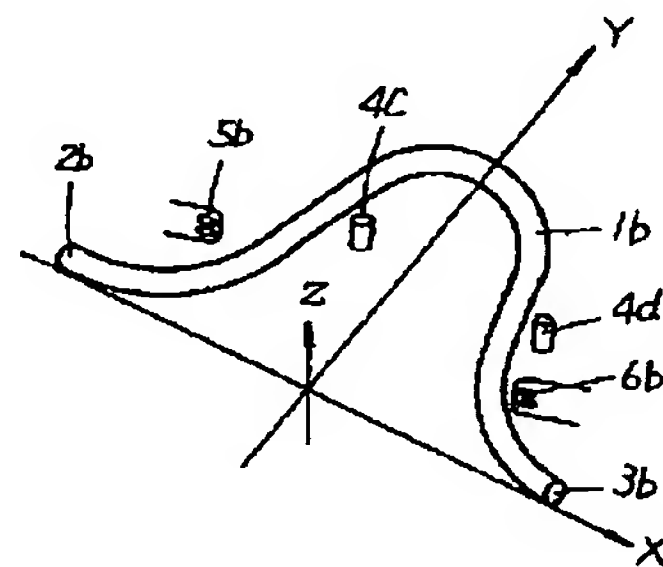
【図 5】



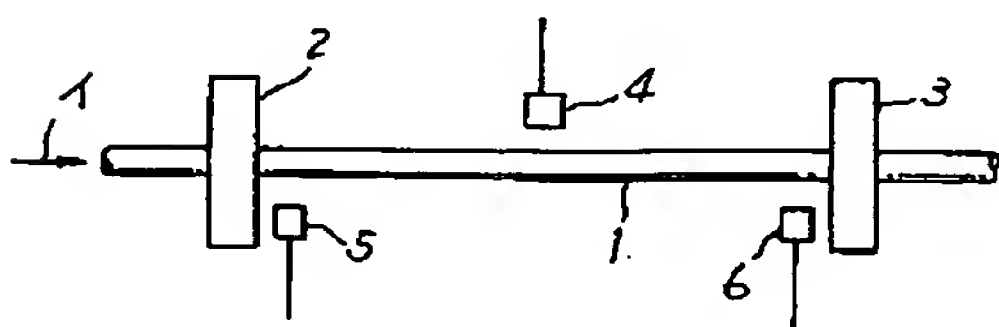
【図 6】



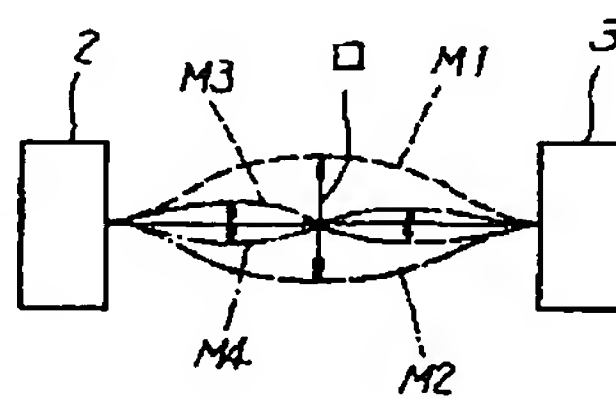
【図 7】



【図 8】



【図 9】





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**